

⑩ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ Patentschrift  
⑩ DE 195 42 561 C 1

⑪ Int. Cl. 6:  
F01 L 9/02  
F01 L 1/24

DE 195 42 561 C 1

⑪ Aktenzeichen: 195 42 561.8-13  
⑪ Anmeldetag: 15. 11. 95  
⑪ Offenlegungstag: —  
⑪ Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: 7. 11. 98

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

⑬ Patentinhaber:

MTU Motoren- und Turbinen-Union Friedrichshafen  
GmbH, 88045 Friedrichshafen, DE

⑭ Erfinder:

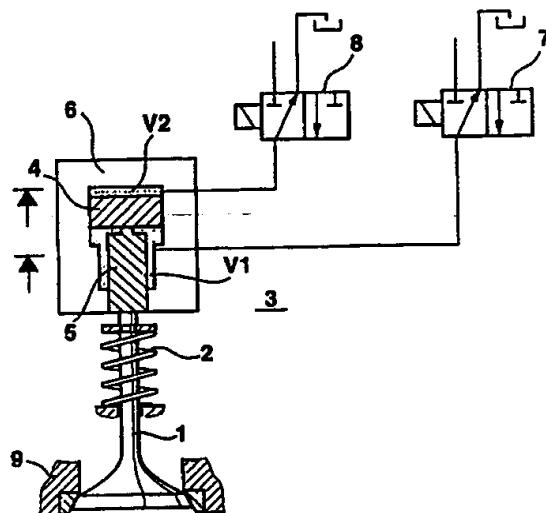
Bächle, Bernhard, Dipl.-Ing., 88045 Friedrichshafen,  
DE; Schmidt, Günther, Dipl.-Ing., 88048  
Friedrichshafen, DE; Freitag, Martin, Dr.-Ing., 88048  
Friedrichshafen, DE

⑮ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit  
in Betracht gezogene Druckschriften:

DE 44 07 585 A1

⑯ Hydraulische Ventilsteuering

⑰ Es werden Verfahren und Einrichtung zur hydraulischen Betätigung von in ihrer Schließstellung mittels Federn (2) vorgespannten Gaswechselventilen (1) einer Brennkraftmaschine, insbesondere eines Dieselmotors, mit einem einen Hochdruckspeicher enthaltenden Brennstoffeinspritzsystem und einer an den Ventilen vorgesehenen Kolbenanordnung (3), die zum Öffnen der Ventile (1) mit dem unter Hochdruck stehenden Brennstoff des Brennstoffeinspritzsystems beaufschlagbar ist, beschrieben, wobei die an den Ventilen (1) vorgesehene Kolbenanordnung (3) mit auf unterschiedlich hohen Druckniveaus gehaltenem Brennstoff beaufschlagbar ist. Die Kolbenanordnung (3) enthält vorzugsweise zwei voneinander getrennte, wahlweise auf das Ventil (1) wirkende Kolben (4) und (5), wodurch die bewegte Masse am Ende des Öffnungsvorgangs und beim Schließvorgang reduziert werden kann.



DE 195 42 561 C 1

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur hydraulischen Betätigung von in ihrer Schließstellung federvorgespannten Gaswechselventilen einer Brennkraftmaschine mittels unter Hochdruck stehenden Brennstoffs eines einen Hochdruckspeicher enthaltenen Brennstoffeinspritzsystems der Brennkraftmaschine, sowie eine Einrichtung zur hydraulischen Betätigung von in ihrer Schließstellung durch Federn vorgespannten Gaswechselventilen einer Brennkraftmaschine, insbesondere eines Dieselmotors, mit einem einen Hochdruckspeicher enthaltenen Brennstoffeinspritzsystem und einer an den Ventilen vorgesehenen Kolbenanordnung, die zum Öffnen der Ventile mit dem unter Hochdruck stehenden Brennstoff des Brennstoffeinspritzsystems beaufschlagbar ist.

Die Betätigung der Gaswechselventile einer Brennkraftmaschine mittels des von einem Brennstoffeinspritzsystem derselben unter Hochdruck zur Verfügung gestellten Brennstoffs ist bereits bekannt. Ein wesentlicher Vorteil der hydraulischen Ventilbetätigung mittels des von dem Brennstoffeinspritzsystem gelieferten Brennstoffs besteht in der Einsparung eines eigenen, zum Zwecke der hydraulischen Ventilbetätigung vorgesehenen Hydrauliksystems.

Neben der Einsparung an zusätzlichen Bauteilen und an zusätzlichem Bauvolumen ist damit auch eine Verbesserung des Gesamtwirkungsgrades der Brennkraftmaschine verbunden, da derselben nicht die zum Antrieben des eigenständigen Hydrauliksystems erforderliche Antriebsenergie entzogen wird.

Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, ein Verfahren und eine Einrichtung zur hydraulischen Betätigung der Gaswechselventile einer Brennkraftmaschine anzugeben, durch die eine weitere Einsparung an Antriebsenergie für die Ventilbetätigung und damit ein weiter verbesselter Gesamtwirkungsgrad der Brennkraftmaschine gegeben ist.

Diese Aufgabe wird gemäß der vorliegenden Erfindung bei einem Verfahren der vorausgesetzten Art dadurch gelöst, daß das Öffnen der Ventile durch nacheinander erfolgende Beaufschlagung mit auf unterschiedlich hohen Druckniveaus gehaltenem Brennstoff vorgenommen wird. Hierdurch ist es vorteilhafterweise möglich, die durch die Entnahme des unter Druck stehenden Brennstoffs aus dem Brennstoffeinspritzsystem notwendige Antriebsenergie an die während des Öffnungsvorgangs der Ventile tatsächlich gerade erforderliche, vom Maß der Ventilöffnung abhängige Öffnungskraft anzupassen, so daß der Brennkraftmaschine nicht unnötig Antriebsenergie entzogen wird.

Gemäß der Erfindung werden die Ventile zu Beginn des Öffnungsvorgangs durch auf einem ersten, höheren Druckniveau gehaltenen Brennstoff und danach durch auf einem zweiten, niedrigeren Druckniveau gehaltenen Brennstoff betätigt. Hierdurch wird zunächst die zum Einleiten des Öffnungsvorgangs erforderliche hohe Öffnungskraft erzeugt, während der Öffnungsvorgang danach mit der dann nur noch geringeren erforderlichen Öffnungskraft fortgesetzt wird. Hierdurch wird ein unnötiger Aufwand von Antriebsenergie vermieden und der Gesamtwirkungsgrad der Brennkraftmaschine erhöht.

Gemäß einer Weiterbildung des Verfahrens wird der auf dem höheren Druckniveau gehaltene Brennstoff einer die Einspritzdüsen der Brennkraftmaschine versorgenden Hochdruckstufe und der auf dem niedrigeren

Druckniveau gehaltene Brennstoff einer der Hochdruckstufe vorgeschalteten Stufe eines mehrstufigen Brennstoffeinspritzsystems entnommen. Dies hat den Vorteil, daß für die hydraulische Ventilbetätigung der bei einem mehrstufigen Brennstoffeinspritzsystem bereits auf unterschiedlich hohen Druckniveaus zur Verfügung gestellte Brennstoff verwendet werden kann.

Erfindungsgemäß ist es bei einer Einrichtung zur hydraulischen Betätigung von in ihrer Schließstellung durch Federn vorgespannten Gaswechselventilen einer Brennkraftmaschine, insbesondere eines Dieselmotors, mit einem einen Hochdruckspeicher enthaltenden Brennstoffeinspritzsystem und einer an den Ventilen vorgesehenen Kolbenanordnung, die zum Öffnen der Ventile mit dem unter Hochdruck stehenden Brennstoff des Brennstoffeinspritzsystems beaufschlagbar ist, vorgesehen, daß die an den Ventilen vorgesehene Kolbenanordnung mit auf unterschiedlich hohen Druckniveaus gehaltenem Brennstoff beaufschlagbar ist. Der Vorteil hiervon ist es, daß die von der Kolbenanordnung mit Hilfe des von dem Brennstoffeinspritzsystem zur Verfügung gestellten Brennstoffs erzeugte Öffnungskraft für die Gaswechselventile an die beim Öffnungsvorgang in Abhängigkeit vom Maß der Öffnung erforderliche Kraft angepaßt und dadurch ein unnötiger Energieaufwand vermieden und damit der Gesamtwirkungsgrad der Brennkraftmaschine verbessert werden kann.

Vorteilhafterweise ist das Brennstoffeinspritzsystem mehrstufig ausgebildet und enthält eine die Einspritzdüsen der Brennkraftmaschine versorgende Hochdruckstufe und eine der Hochdruckstufe vorgeschaltete Stufe, wobei die Hochdruckstufe und die vorgeschaltete Stufe des Brennstoffeinspritzsystems mit der Kolbenanordnung der Gaswechselventile zur wahlweisen Beaufschlagung derselben mit dem von der Hochdruckstufe unter Hochdruck gelieferten Brennstoff und dem von der vorgeschalteten Stufe unter niedrigerem Druck gelieferten Brennstoff gekoppelt sind. Dadurch ist es möglich, bereits vorhandene Komponenten des Brennstoffeinspritzsystems zur Lieferung des für die hydraulische Betätigung der Gaswechselventile verwendeten Brennstoffs zu verwenden, ohne daß es notwendig wäre, irgendwelche zusätzlichen Komponenten vorzusehen.

Gemäß einer Ausgestaltung ist es hierfür vorgesehen, daß die Kolbenanordnung mit einer ersten Steuereinrichtung zur Steuerung der Zuführung des auf dem niedrigeren Druckniveau befindlichen Brennstoffs und einer zweiten Steuereinrichtung zur Steuerung der Zuführung des auf dem höheren Druckniveau befindlichen Brennstoffs gekoppelt ist, wobei durch die erste und zweite Steuereinrichtung die Kolbenanordnung wahlweise durch den auf dem höheren oder dem niedrigeren Druckniveau gehaltenen Brennstoff beaufschlagbar ist.

Gemäß einer besonders vorteilhaften Ausgestaltung ist es vorgesehen, daß die Kolbenanordnung zwei mechanisch hintereinander geschaltete, in einem gemeinsamen Zylinder angeordnete Kolben enthält, von denen der erste Kolben direkt auf das Ventil wirkt und der zweite Kolben durch Anlage an dem ersten Kolben über diesen mittelbar auf das Ventil wirkt. Dies gestattet es, daß zwei von einander getrennte Kolben, die mit unterschiedlichen Brennstoffdrücken beaufschlagt werden, zur Betätigung des Ventils verwendet werden können. Diese Ausgestaltung kann dadurch weitergebildet sein, daß der zweite Kolben den Zylinder in zwei Volumina unterteilt, von denen das erste Volumen den ersten Kolben und die dem ersten Kolben zugewandte Seite des zweiten Kolbens beaufschlagt, und von denen das

zweite Volumen die von dem ersten Kolben abgewandte Seite des zweiten Kolbens beaufschlagt. Hierdurch kann das Ventil wahlweise durch Zuführung von unter Druck stehendem Brennstoff in das zweite Volumen und Beaufschlagung des mittelbar über den ersten Kolben auf das Ventil wirkenden zweiten Kolbens betätigt werden, oder durch Zuführung von unter Druck stehendem Brennstoff in das erste Volumen und Beaufschlagung allein des ersten Kolbens und somit direkte Betätigung des Ventils durch den ersten Kolben allein. Hierdurch können zum einen für die Betätigung des Ventils Kolben mit unterschiedlichen Querschnitten verwendet werden, die von dem Brennstoffeinspritzsystem zur Verfügung gestellten Drücke optimal an die zur Ventilöffnung erforderlichen Kräfte anpassen, andererseits wird die beim Öffnungsvorgang zusammen mit dem Ventil bewegte Masse vermindert, da bei der Betätigung des Ventils durch Beaufschlagung des ersten Kolbens allein die Masse des zweiten Kolbens nicht mehr mitbewegt werden muß.

Dabei wird vorteilhafterweise das erste Volumen von dem auf dem niedrigeren Druckniveau befindlichen Brennstoff und das zweite Volumen von dem auf dem höheren Druckniveau befindlichen Brennstoff beaufschlagt.

Vorteilhafterweise ist es vorgesehen, daß der zweite Kolben zumindest für eine einem anfänglichen Teil des Öffnungswegs des Ventils entsprechende Bewegung in dem Zylinder verschiebbar ist, während welcher Bewegung der zweite Kolben durch Anlage an dem ersten Kolben auf das Ventil wirkt, und der erste Kolben für eine der vollständigen Öffnung des Ventils entsprechende weitere Bewegung in dem Zylinder allein verschiebbar ist. Somit muß lediglich am Anfang der Öffnungsbewegung die Masse beider Kolben beschleunigt werden, wogegen danach bis zum Erreichen der vollständigen Ventilöffnung und weiterhin durch Federkraft wieder bis zum Schließen des Ventils nur die Masse des ersten Kolbens, nicht jedoch auch die des zweiten Kolbens beschleunigt werden muß. Hierdurch wird der Öffnungs- und Schließvorgang des Ventils beschleunigt und der erforderliche Energieaufwand vermindert.

Die erfundungsgemäße Ventilbetätigungsseinrichtung kann weiterhin so ausgestaltet sein, daß der zweite Kolben durch Zuführung des auf dem höheren Druckniveau befindlichen Brennstoffs mittels der zweiten Steuereinrichtung zu dem zweiten Volumen bis zum Erreichen eines vorgegebenen Punkts im anfänglichen Teil des Öffnungsweges des Ventils beaufschlagbar ist, wobei das erste Volumen mittels der ersten Steuereinrichtung druckentlastet ist, während nach Erreichen des vorgegebenen Punkts des Öffnungsweges der erste Kolben durch Zuführung des auf dem niedrigeren Druckniveau befindlichen Brennstoffs mittels der ersten Steuereinrichtung bis zum Erreichen der vollständigen Öffnung des Ventils beaufschlagbar ist, wobei das zweite Volumen mittels der zweiten Steuereinrichtung druckentlastet ist, um bei gleichzeitiger weiterer Beaufschlagung des ersten Kolbens im Sinne eines weiteren Öffnens des Ventils den zweiten Kolben in eine Ausgangsstellung zurückzubewegen. Während durch Beaufschlagung des ersten Kolbens der Öffnungsvorgang bis zur vollständigen Öffnung des Ventils noch fortgesetzt wird, wird der zweite Kolben bereits wieder in seine Anfangslage zurückgeschoben, so daß von der das Schließen des Ventils bewirkenden Feder allein die Kraft zum Bewegen und Beschleunigen des ersten Kolbens aufgewandt werden muß, nicht jedoch auch der zweite Kolben bewegt

werden muß. Hierdurch wird wiederum die Schnelligkeit der Bewegung erhöht und der Energieverbrauch für die Ventilbetätigung vermindert.

Gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist es vorgesehen, daß der erste Kolben und der zweite Kolben eine zwischen diesen beiden Kolben wirksame hydraulisch wirkende Bremseinrichtung aufweisen, durch welche die Bewegung des Ventils am Ende des durch die Feder bewirkten Schließvorgangs abgebremst wird. Dies ermöglicht es, das Ventil unter Wirkung der Feder schnell zu schließen, dieses jedoch kurz vor Erreichen seiner geschlossenen Stellung abzubremsen und sanft in den Ventilsitz aufsetzen zu lassen, wodurch die Lebensdauer der Ventile nennenswert erhöht wird.

Gemäß einer Ausgestaltung kann die Bremseinrichtung eine in dem einen Kolben ausgebildete Ausnehmung und einen auf dem anderen Kolben ausgebildeten Ansatz aufweisen, wobei der Ansatz so geformt ist, daß er bei der gegenseitigen Annäherung der beiden Kolben unter Verdrängung des darin befindlichen Brennstoffs und Abbremsung der gegenseitigen Bewegung der beiden Kolben in die Ausnehmung des Kolbens eintritt. Hierdurch kann die genannte Bremseinrichtung auf einfache Weise und mit geringem Fertigungsaufwand hergestellt werden.

Im folgenden werden Ausführungsbeispiele der Erfindung anhand der Zeichnung erläutert.

Es zeigen:

Fig. 1a bis 1d schematisierte Darstellungen einer Einrichtung zur hydraulischen Ventilbetätigung gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel der Erfindung, die verschiedene Öffnungszustände des Ventils zeigen;

Fig. 2 ein schematisiertes Schaltschema eines Hochdruckbrennstoffeinspritzsystems einer Brennkraftmaschine, das zum Betrieb der in Fig. 1 dargestellten Einrichtung zur hydraulischen Ventilbetätigung verwendet wird;

Fig. 3 eine graphische Darstellung des Verlaufs der bei der Ventilbetätigung aufgewandten Öffnungskraft in Abhängigkeit von Kurbelwellenwinkel; und

Fig. 4 eine vereinfachte Querschnittsansicht einer hydraulisch wirkenden Einrichtung zur Abbremsung der Ventilbewegung am Ende des Schließvorgangs.

Bei der in Fig. 1a schematisiert dargestellten Einrichtung zur hydraulischen Betätigung eines Schließventils einer Brennkraftmaschine, wie insbesondere eines Dieselmotors, ist ein Gaswechselventil 1 durch eine am Schaft des Ventils 1 angreifende Feder 2 in seine Schließstellung vorgespannt, so daß das Ventil 1 durch die Kraft der Feder 2 in dem mit 9 bezeichneten Sitz des Ventils anliegt. Das Ventil 1 wird zum Öffnen durch eine insgesamt mit dem Bezugssymbol 3 bezeichnete Kolbenanordnung betätigt. Diese Kolbenanordnung 3 enthält einen Zylinder 6, sowie in zylindrischen Bohrungen des Zylinders 6 axial verschiebbliche Kolben 4 und 5. Ein erster Kolben 5 ist direkt am Schaft des Ventils 1 angebracht, wogegen einer zweiten Kolben 4 in seiner Bohrung im Zylinder 6 gegenüber dem ersten Kolben 5 verschiebbar angeordnet ist. Der zweite Kolben 4 unterteilt das Volumen im Inneren des Zylinders 6 in ein erstes Volumen V1, welches den ersten Kolben 5, sowie die diesem zugewandte Seite des zweiten Kolbens 4 beaufschlagt, sowie ein zweites Volumen V2, welches die dem ersten Kolben 5 abgewandte Seite des zweiten Kolbens 4 beaufschlagt.

Die beiden Volumina V1 und V2 sind über jeweils eine Steuereinrichtung in Form eines Magnetventils 7

bzw. 8 mit Quellen von auf unterschiedlich hohen Druckniveaus gehaltenem Brennstoff verbunden, welcher als Hydraulikfluid zur Betätigung des Ventils 1 mittels der Kolbenanordnung 3 verwendet wird. Der auf den unterschiedlichen Druckniveaus befindliche Brennstoff wird von einem Hochdruckeinspritzsystem der Brennkraftmaschine geliefert.

Fig. 2 zeigt in stark schematisierter Darstellung ein Prinzipschaltbild des durch das Hochdruckeinspritzsystem und die hydraulische Ventilbetätigung gebildeten Brennstoffkreislaufes einer Brennkraftmaschine in Form eines Dieselmotors. Der Brennstoff wird von seiner Quelle, üblicherweise einem Brennstoftank, mittels einer Brennstoffvorpumpe 13 an eine zweistufig ausgebildete, insgesamt mit dem Bezugszeichen 10 bezeichnete Pumpenanordnung geliefert. Diese Pumpenanordnung 10 umfaßt eine Hochdruckstufe 11 zur Versorgung der mit dem Bezugszeichen 14 bezeichneten Einspritzdüsen der Brennkraftmaschine und eine zwischen die Vorpumpe 13 und die Hochdruckstufe 11 geschaltete Niederdruckstufe 12. Bei dem beschriebenen Ausführungsbeispiel wird der Brennstoff von der Vorpumpe 13 mit einem Druck von etwa 5 bar an die Niederdruckstufe 12 geliefert, welche den Brennstoff auf einen Druck von etwa 300 bar bringt. Der von der Niederdruckstufe 12 abgegebene Brennstoff wird einerseits der Hochdruckstufe 11 zugeführt, welche dessen Druck auf 1200 bar erhöht, um den Brennstoff mit diesem Druck den Einspritzdüsen 14 zuzuführen. Andererseits wird der von der Niederdruckstufe 12 gelieferte Brennstoff zur Betätigung der Gaswechselventile 1 mittels der Kolbenanordnung 3 verwendet, sowie auch zum Antrieb von Hilfsaggregaten 16, wie etwa Wasserpumpe, Kompressor, Schmierölpumpe oder Lichtmaschine mittels eines Hydraulikantriebs 15. Zur Vergleichsmäßigung des Drucks des von dem Einspritzsystem gelieferten Brennstoffs können auf der Ausgangsseite der Hochdruckstufe 11 und/oder der Niederdruckstufe 12 der Pumpenanordnung 10 Druckspeicher etwa in Form von ölelastisch arbeitenden Speichern vorgesehen sein (Common-Rail-Anordnung). Durch diese Druckspeicher werden die bei der Betätigung der Einspritzdüsen 14 und der hydraulischen Kolbenanordnungen 3 auftretenden Druckabfälle aufgefangen und die von der Hochdruckstufe 11 und der Niederdruckstufe 12 der Pumpenanordnung 10 erzeugten Druckspitzen ausgeglichen.

Wiederum bezugnehmend auf Fig. 1a ist ersichtlich, daß der von der Niederdruckstufe 12 der Pumpenanordnung 10 unter einem Druck von 300 bar gelieferte Brennstoff über die erste Steueranordnung in Form des Magnetventils 7 dem ersten Volumen V1 der Kolbenanordnung 3 zuführbar ist. Entsprechend ist der von der Hochdruckstufe 11 unter einem Druck von 1200 bar gelieferte Brennstoff über die zweite Steueranordnung in Form des Magnetventils 8 dem zweiten Volumen V2 der Kolbenanordnung 3 zuführbar. Bei den Magnetventilen 7, 8 handelt es sich um Zwei-Wege-Ventile, welche wahlweise eine Verbindung mit der jeweiligen Brennstoffdruckquelle oder mit einer Leckagemenge zur Entlastung des jeweiligen Volumens V1 bzw. V2 herstellen können.

Nun soll anhand der Fig. 1a bis 1d die Verfahrensweise zur Betätigung des Gaswechselventils 1 mittels der hydraulisch betätigten Kolbenanordnung 3 im Zusammenspiel mit der Ventilschließfeder 2 beschrieben werden. Zunächst (Fig. 1a) sei das Ventil 1 geschlossen, das Ventil liegt in seiner, in der Zeichnung oberen, Position in dem Ventilsitz 9 an, der mit dem Schaft des Ventils 1

fest verbundene erste Kolben 5 und der schwimmende zweite Kolben 4 liegen in ihren oberen Positionen im Zylinder 6 an. Beide Volumina V1 und V2 sind durch die Magnetventile 7, 8 gegen die Leckagemengen druckentlastet. Das Anliegen der beiden Kolben 4, 5 in ihren oberen Positionen ist durch die links vom Zylinder 6 in Fig. 1a dargestellten Pfeilsymbole gezeigt.

Zur Einleitung des Öffnungsvorgangs des Ventils 1 wird mittels des zweiten Magnetventils 8 der Brennstoffdruck von 1200 bar der Hochdruckstufe 11 auf das zweite Volumen V2 im Zylinder 6 durchgeschaltet. Hierdurch wird die dem ersten Kolben 5 abgewandte Seite des zweiten Kolbens 4 druckbeaufschlagt, worauf der zweite Kolben 4 den ersten Kolben 5 und über diesen das Ventil 1 nach unten schiebt. Das erste Magnetventil 7 ist gegen die Leckagemenge durchgeschaltet, so daß das erste Volumen V1 druckentlastet ist, um das bei der Abwärtsbewegung des zweiten Kolbens 4 anfallende Fluidvolumen abzugeben. Diese anfängliche Phase des Öffnungsvorgangs ist in Fig. 1b gezeigt. Wie durch die links vom Zylinder 6 dargestellten Pfeilsymbole ersichtlich ist, bewegen sich der erste Kolben 5 und der zweite Kolben 4 aufgrund der Druckbeaufschlagung des letzten gemeinsam nach unten und öffnen das Gaswechselventil 1, indem sich dieses aus seinem Ventilsitz 9 nach unten löst.

Der hohe Druck wird durch das zweite Magnetventil 8 solange auf das zweite Volumen V2 des Zylinders 6 geschaltet, solange eine hohe Öffnungskraft benötigt wird. Danach wird mittels des ersten Magnetventils 7 Druck auf das erste Volumen V1 geschaltet und der erste Kolben 5 im Volumen V1 mit dem von der Niederdruckstufe 12 gelieferten Brennstoff mit einem Druck von etwa 300 bar beaufschlagt. Gleichzeitig mit dem Schalten des ersten Magnetventils 7 wird das zweite Magnetventil 8 auf die Leckagemenge geschaltet, so daß das zweite Volumen V2 druckentlastet wird. Während sich der erste Kolben 5 und das Gaswechselventil 1 weiter nach unten bewegen, beginnt der zweite Kolben 4 sich in seine Ausgangsstellung nach oben zurückzubewegen, wie in Fig. 1c ersichtlich ist. Dies hat den Vorteil, daß die Masse des zweiten Kolbens 4 nicht weiter beschleunigt werden muß.

Am Ende des Öffnungsvorgangs befindet sich das Gaswechselventil 1 in seiner in Fig. 1d gezeigten untersten Stellung, in der das Ventil 1 vollständig vom Ventilsitz 9 entfernt ist. Der erste Kolben 5 befindet sich in seiner untersten Position, der zweite Kolben 4 befindet sich in seiner obersten Position entsprechend seiner Ausgangslage, wie durch die Pfeilsymbole gezeigt ist.

Um das Ventil wieder zu schließen, wird nun auch das erste Volumen V1 durch Verbinden mit der Leckagemenge über das erste Magnetventil 7 druckentlastet und das Gaswechselventil 1 mittels der Schließfeder 2 geschlossen. Da sich der zweite Kolben 4 bereits in seiner Ausgangsstellung befindet, muß die Feder nicht mehr die zu dessen Bewegung erforderliche Kraft aufbringen. Am Ende des durch die Feder 2 bewirkten Schließvorgangs befinden sich Gaswechselventil 1 und die beiden Kolben 4 und 5 wieder in der in Fig. 1a gezeigten Ausgangslage.

Fig. 3 zeigt in einer vereinfachten Darstellung die Abhängigkeit der Öffnungskraft  $F_{Öffnung}$  vom Kurbelwinkel  $°KW$  der Brennkraftmaschine. Am Anfang wird durch Beaufschlagung des zweiten Kolbens 4 über das zweite Magnetventil 8 mit dem von der Hochdruckstufe 11 gelieferten Brennstoff mit einem Druck von 1200 bar eine hohe Öffnungskraft aufgewandt, die nach

dem Entlasten des zweiten Volumens V2 und der Beaufschlagung des ersten Volumens V1 mit dem von der Niederdruckstufe 12 mit einem Druck von etwa 300 bar gelieferten Brennstoff auf ein Plateau absinkt. Gegen Ende des Öffnungsvorgangs steigt die Öffnungskraft kurz an, was durch das Anliegen des zweiten Kolbens 4 in seiner oberen Ausgangslage hervorgerufen wird. Bei Entlastung auch des ersten Volumens V1 aufgrund des Durchschaltens des ersten Magnetventils 7 gegen die Leckagemenge sinkt die Öffnungskraft auf Null, worauf das Gaswechselventil 1 mittels der Federkraft der Schließfeder 2 geschlossen wird.

Fig. 4 zeigt im Querschnitt stark vereinfacht ein Ausführungsbeispiel einer zwischen dem ersten Kolben 5 und dem zweiten Kolben 4 wirksamen hydraulischen Bremseinrichtung, welche die Aufgabe hat, die Bewegung des Ventils 1 am Ende des durch die Ventilschließfeder 2 bewirkten Schließvorgangs abzubremsen. Diese Bremseinrichtung besteht in einem an dem ersten Kolben 5 ausgebildeten Ansatz 5a, der so geformt ist, daß er bei der gegenseitigen Annäherung der beiden Kolben in eine in dem zweiten Kolben 4 ausgebildete Ausnehmung 4a eintreten kann, wobei er den darin befindlichen Brennstoff verdrängt und die gegenseitige Bewegung der beiden Kolben 4 und 5 zueinander hydraulisch abbremst. Der Ansatz 5a ist kreiszyndrisch und an seinem oberen Ende konusförmig abgeschrägt. Die Ausnehmung 4a besteht in einer zylindrischen Bohrung, die zentral im zweiten Kolben 4 angeordnet ist, wie sich auch der Ansatz 5a zentral am ersten Kolben 5 befindet.

Durch die Wirkung der Bremseinrichtung wird die Geschwindigkeit des Ventils am Ende des Schließvorgangs auf etwa 1 m/s abgebremst und das Ventil 1 setzt sanft in seinem Ventilsitz 9 auf.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur hydraulischen Betätigung von in ihrer Schließstellung federvorgespannten Gaswechselventilen einer Brennkraftmaschine mittels unter Hochdruck stehenden Brennstoffs eines einen Hochdruckspeicher enthaltenden Brennstoffeinspritzsystems der Brennkraftmaschine, dadurch gekennzeichnet, daß das Öffnen der Ventile durch nacheinander erfolgende Beaufschlagung mit auf unterschiedlich hohen Druckniveaus gehaltenem Brennstoff vorgenommen wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Ventile zu Beginn des Öffnungsvorgangs durch auf einem ersten, höheren Druckniveau gehaltenem Brennstoff und danach durch auf einem zweiten, niedrigeren Druckniveau gehaltenem Brennstoff betätigt werden.
3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Ventile zu Beginn des Öffnungsvorgangs bis zum Erreichen einer bestimmten Ventilöffnung mit dem auf dem höheren Druckniveau gehaltenen Brennstoff und danach bis zum Erreichen der vollständigen Ventilöffnung mit dem auf dem niedrigeren Druckniveau gehaltenen Brennstoff betätigt werden.
4. Verfahren nach Anspruch 1, 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß der auf dem höheren Druckniveau gehaltene Brennstoff einer die Einspritzdüsen der Brennkraftmaschine versorgenden Hochdruckstufe und der auf dem niedrigeren Druckniveau gehaltene Brennstoff einer der Hochdruckstufe vorgeschalteten Stufe eines mehrstufigen Brennstoff-

einspritzsystems entnommen wird.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß das höhere Druckniveau zwischen 800 und 1600 bar beträgt, und das niedrigere Druckniveau zwischen 200 und 400 bar beträgt.

6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß das höhere Druckniveau zwischen 1000 und 1400 bar beträgt, und das niedrigere Druckniveau zwischen 250 und 350 bar beträgt.

7. Einrichtung zur hydraulischen Betätigung von in ihrer Schließstellung durch Federn (2) vorgespanssten Gaswechselventilen (1) einer Brennkraftmaschine, insbesondere eines Dieselmotors, mit einem einen Hochdruckspeicher enthaltenden Brennstoffeinspritzsystem (10) und einer an den Ventilen vorgesehenen Kolbenanordnung (3), die zum Öffnen der Ventile (1) mit dem unter Hochdruck stehenden Brennstoff des Brennstoffeinspritzsystems (10) beaufschlagbar ist, dadurch gekennzeichnet, daß die an den Ventilen (1) vorgesehene Kolbenanordnung (3) mit auf unterschiedlich hohen Druckniveaus gehaltenem Brennstoff beaufschlagbar ist.

8. Einrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß das Brennstoffeinspritzsystem (10) mehrstufig ausgebildet ist und eine die Einspritzdüsen (14) der Brennkraftmaschine versorgende Hochdruckstufe (11) und eine der Hochdruckstufe (11) vorgeschaltete Stufe (12) enthält, und daß die Hochdruckstufe (11) und die vorgeschaltete Stufe (12) des Brennstoffeinspritzsystems (10) mit der Kolbenanordnung (3) der Gaswechselventile (1) zur wahlweisen Beaufschlagung derselben mit dem von der Hochdruckstufe (11) unter Hochdruck gelieferten Brennstoff und dem von der vorgeschalteten Stufe (12) unter niedrigerem Druck gelieferten Brennstoff gekoppelt sind.

9. Einrichtung nach Anspruch 7 oder 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Kolbenanordnung (3) mit einer ersten Steuereinrichtung (7) zur Steuerung der Zuführung des auf dem niedrigeren Druckniveau befindlichen Brennstoffs und einer zweiten Steuereinrichtung (8) zur Steuerung der Zuführung des auf dem höheren Druckniveau befindlichen Brennstoffs gekoppelt ist, wobei durch die erste und zweite Steuereinrichtung (7, 8) die Kolbenanordnung (3) wahlweise mit dem auf dem höheren oder dem niedrigeren Druckniveau gehaltenen Brennstoff beaufschlagbar ist.

10. Einrichtung nach Anspruch 7, 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Kolbenanordnung (3) zwei mechanisch hintereinander geschaltete, in einem gemeinsamen Zylinder (6) angeordnete Kolben (4, 5) enthält, von denen der erste Kolben (5) direkt auf das Ventil (1) wirkt und der zweite Kolben (4) durch Anlage an dem ersten Kolben (5) über diesen mittelbar auf das Ventil (1) wirkt.

11. Einrichtung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß der zweite Kolben (4) den Zylinder (6) in zwei Volumina unterteilt, von denen das erste Volumen (V1) den ersten Kolben (5) und die dem ersten Kolben (5) zugewandte Seite des zweiten Kolbens (4) beaufschlägt, und von denen das zweite Volumen (V2) die von dem ersten Kolben (5) abgewandte Seite des zweiten Kolbens (4) beaufschlägt.

12. Einrichtung nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß das erste Volumen (V1) von dem auf dem niedrigeren Druckniveau befindlichen Brenn-

stoff und das zweite Volumen (V2) von dem auf dem höheren Druckniveau befindlichen Brennstoff beaufschlagt wird.

13. Einrichtung nach Anspruch 10, 11 oder 12, dadurch gekennzeichnet, daß der zweite Kolben (4) 5 zumindest für eine einem anfänglichen Teil des Öffnungsweges des Ventils (1) entsprechende Bewegung in dem Zylinder (6) verschiebbar ist, während welcher Bewegung der zweite Kolben (4) durch Anlage an dem ersten Kolben (5) auf das Ventil (1) 10 wirkt, und der erste Kolben (5) für eine der vollständigen Öffnung des Ventils (1) entsprechende weitere Bewegung in dem Zylinder (6) verschiebbar ist.

14. Einrichtung nach einem der Ansprüche 11 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß der zweite Kolben (4) durch Zuführung des auf dem höheren Druckniveau 20 befindlichen Brennstoffs mittels der zweiten Steuereinrichtung zu dem zweiten Volumen (V2) bis zum Erreichen eines vorgegebenen Punktes im anfänglichen Teil des Öffnungsweges des Ventils (1) bewegbar ist, wobei das erste Volumen (V1) mittels der ersten Steuereinrichtung (7) druckentlastet ist, während nach Erreichen des vorgegebenen 25 Punktes des Öffnungsweges der erste Kolben (5) durch Zuführung des auf dem niedrigeren Druckniveau befindlichen Brennstoffs mittels der ersten Steuereinrichtung (7) bis zum Erreichen der gesamten Öffnung des Ventils (1) bewegbar ist, wobei das zweite Volumen (V2) mittels der zweiten Steuereinrichtung (8) druckentlastet ist, um bei gleichzeitiger weiterer Beaufschlagung des ersten Kolbens (5) im Sinne eines weiteren Öffnens des Ventils (1) 30 den zweiten Kolben (4) in seine Anfangsstellung zurückzubewegen.

15. Einrichtung nach einem der Ansprüche 10 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß der erste Kolben (5) und der zweite Kolben (4) eine zwischen diesen beiden Kolben wirksame hydraulisch wirkende Bremseinrichtung (5a, 4a) aufweisen, durch welche 40 die Bewegung des Ventils (1) am Ende des durch die Feder (2) bewirkten Schließvorgangs abgebremst wird.

16. Einrichtung nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß die Bremseinrichtung eine in dem einen Kolben (4) ausgebildete Ausnehmung (4a) und einen an dem anderen Kolben (5) ausgebildeten Ansatz (5a) aufweist, wobei der Ansatz (5a) so geformt ist, daß er bei der gegenseitigen Annäherung der beiden Kolben unter Verdrängung des darin befindlichen Brennstoffs und Abbremsung der gegenseitigen Bewegung der beiden Kolben in die Ausnehmung (4a) des einen Kolbens (4) eintritt.

---

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen

45

50

55

60

65

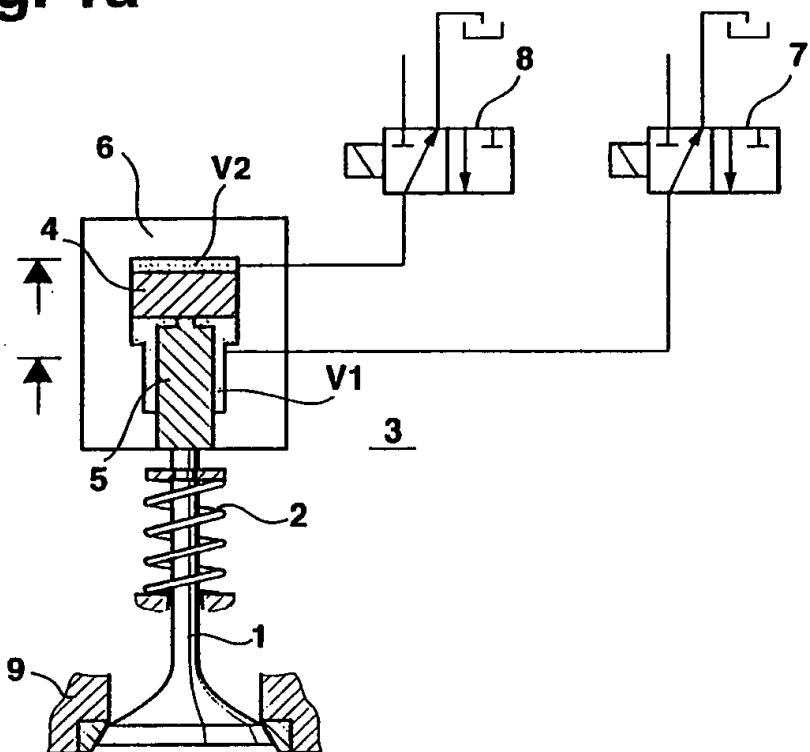
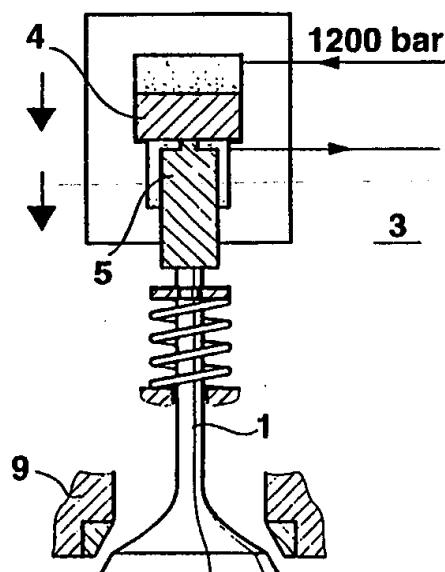
**Fig. 1a****Fig. 1b**

Fig. 1c

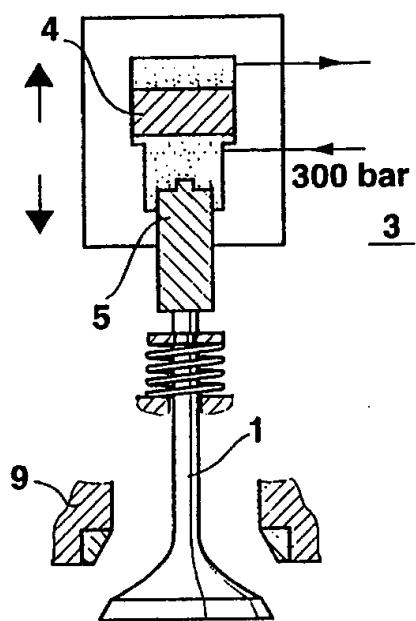


Fig. 1d

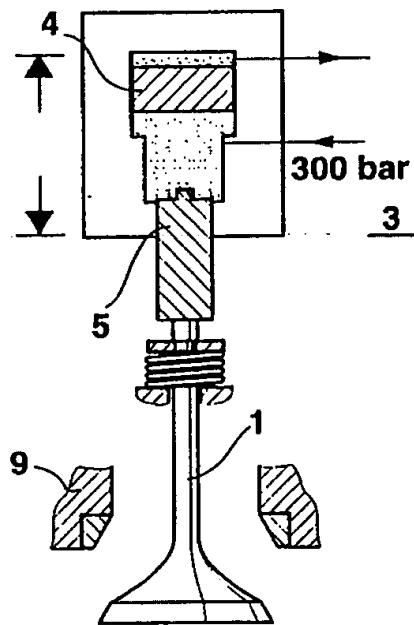
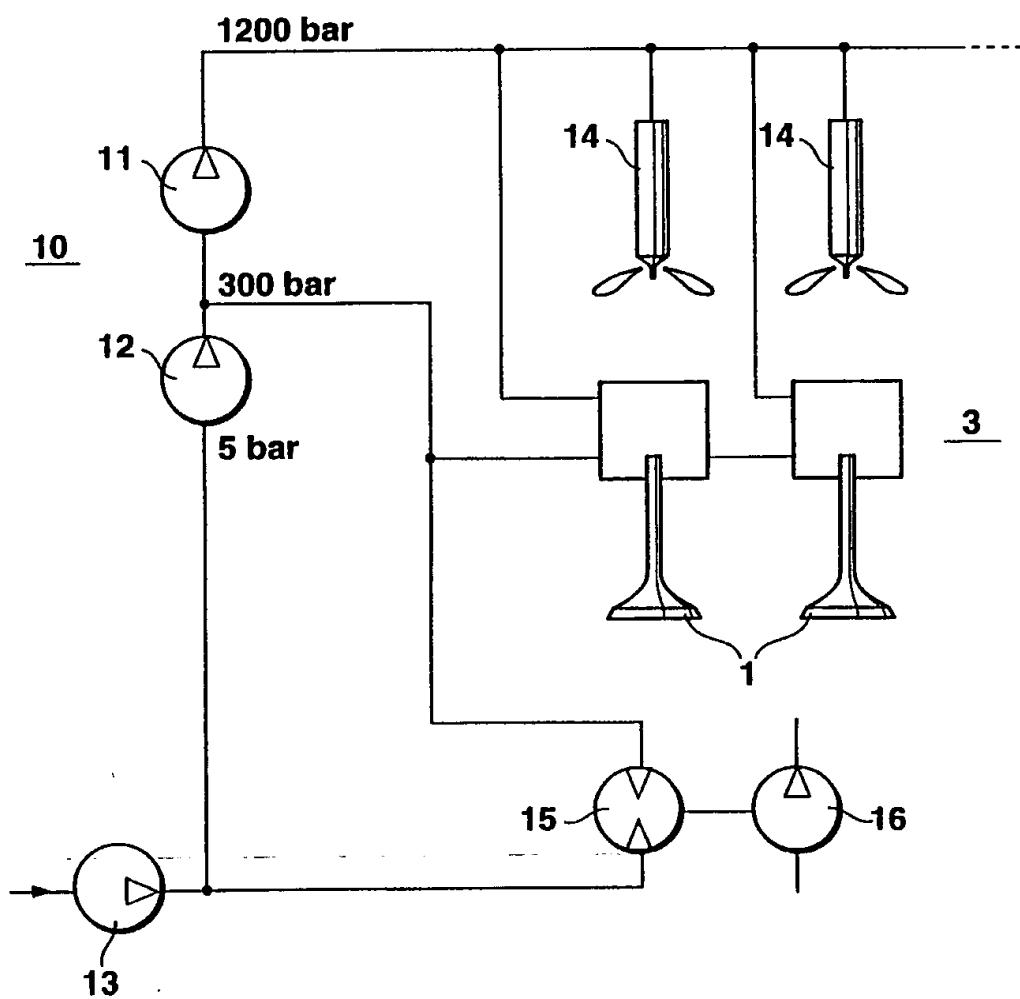
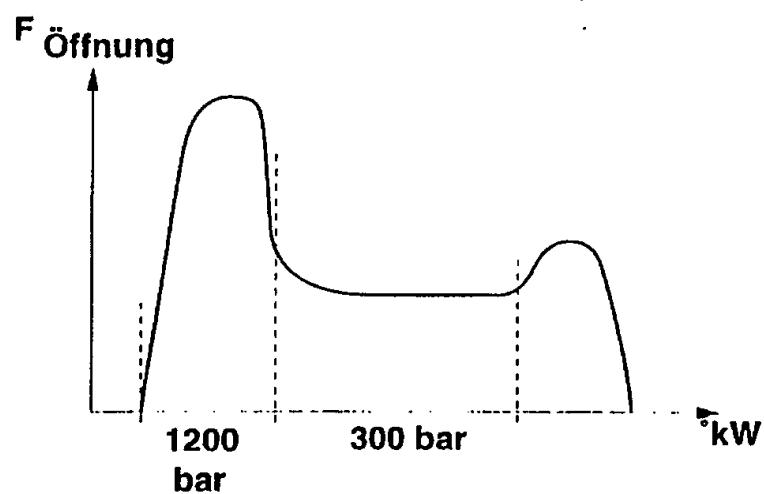
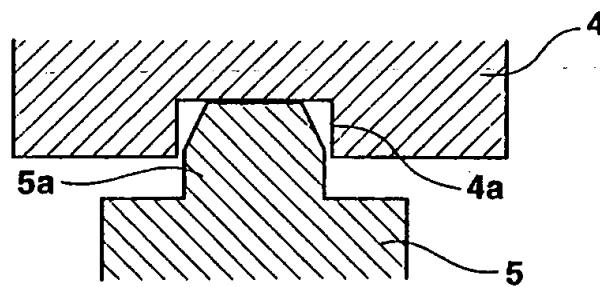


Fig. 2



**Fig. 3****Fig. 4**

## Method for hydraulically operating gas change valves in i.c.e

Patent Number: DE19542561  
 Publication date: 1996-11-07  
 Inventor(s): BAECHLE BERNHARD DIPL ING (DE); SCHMIDT GUENTHER DIPL ING (DE); FREITAG MARTIN DR ING (DE)  
 Applicant(s): MOTOREN TURBINEN UNION (DE)  
 Requested Patent: DE19542561  
 Application Number: DE19951042561 19951115  
 Priority Number(s): DE19951042561 19951115  
 IPC Classification: F01L9/02; F01L1/24  
 EC Classification: F01L9/02  
 Equivalents:

### Abstract

The opening of the valves is carried out by successive biasing with fuel kept at different high pressure levels. At the beginning of the opening process the valves are operated by fuel kept at a first higher level of between 800 and 1600 bar and then by fuel kept at a second lower level between 200 and 400 bar. At the beginning of the opening process until reaching a certain valve opening the valves are opened with the fuel at higher pressure and then up to reaching complete valve opening with the fuel at lower level.

Data supplied from the [esp@cenet](mailto:esp@cenet) database - I2

### Description

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur hydraulischen Betätigung von in ihrer Schliessstellung federvorgespannten Gaswechselventilen einer Brennkraftmaschine mittels unter Hochdruck stehenden Brennstoffs eines einen Hochdruckspeicher enthaltenen Brennstoffeinspritzsystems der Brennkraftmaschine, sowie eine Einrichtung zur hydraulischen Betätigung von in ihrer Schliessstellung durch Federn vorgespannten Gaswechselventilen einer Brennkraftmaschine, insbesondere eines Dieselmotors, mit einem einen Hochdruckspeicher enthaltenen Brennstoffeinspritzsystem und einer an den Ventilen vorgesehenen Kolbenanordnung, die zum Öffnen der Ventile mit dem unter Hochdruck stehenden Brennstoff des Brennstoffeinspritzsystems beaufschlagbar ist.

Die Betätigung der Gaswechselventile einer Brennkraftmaschine mittels des von einem Brennstoffeinspritzsystem derselben unter Hochdruck zur Verfügung gestellten Brennstoffs ist bereits bekannt. Ein wesentlicher Vorteil der hydraulischen Ventilbetätigung mittels des von dem Brennstoffeinspritzsystem gelieferten Brennstoffs besteht in der Einsparung eines eigenen, zum Zwecke der hydraulischen Ventilbetätigung vorgesehenen Hydrauliksystems.

Neben der Einsparung an zusätzlichen Bauteilen und an zusätzlichem Bauvolumen ist damit auch eine Verbesserung des Gesamtwirkungsgrades der Brennkraftmaschine verbunden, da derselben nicht die zum Antreiben des eigenständigen Hydrauliksystems erforderliche Antriebsenergie entzogen wird.

Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, ein Verfahren und eine Einrichtung zur hydraulischen Betätigung der Gaswechselventile einer Brennkraftmaschine anzugeben, durch die eine weitere Einsparung an Antriebsenergie für die Ventilbetätigung und damit ein weiter verbesselter Gesamtwirkungsgrad der Brennkraftmaschine gegeben ist.

Diese Aufgabe wird gemäss der vorliegenden Erfindung bei einem Verfahren der vorausgesetzten Art dadurch gelöst, dass das Öffnen der Ventile durch nacheinander erfolgende Beaufschlagung mit auf unterschiedlich hohen Druckniveaus gehaltenem Brennstoff vorgenommen wird. Hierdurch ist es vorteilhafterweise möglich, die durch die Entnahme des unter Druck stehenden Brennstoffs aus dem Brennstoffeinspritzsystem notwendige Antriebsenergie an die während des Öffnungsvorgangs der Ventile tatsächlich gerade erforderliche, vom Mass der Ventilöffnung abhängige Öffnungskraft anzupassen, so dass der Brennkraftmaschine nicht unnötig Antriebsenergie entzogen wird.

## Method for hydraulically operating gas change valves in i.c.e

Patent Number: DE19542561  
 Publication date: 1996-11-07  
 Inventor(s): BAECHLE BERNHARD DIPL ING (DE); SCHMIDT GUENTHER DIPL ING (DE); FREITAG MARTIN DR ING (DE)  
 Applicant(s): MOTOREN TURBINEN UNION (DE)  
 Requested Patent: DE19542561  
 Application Number: DE19951042561 19951115  
 Priority Number(s): DE19951042561 19951115  
 IPC Classification: F01L9/02; F01L1/24  
 EC Classification: F01L9/02  
 Equivalents:

### Abstract

The opening of the valves is carried out by successive biasing with fuel kept at different high pressure levels. At the beginning of the opening process the valves are operated by fuel kept at a first higher level of between 800 and 1600 bar and then by fuel kept at a second lower level between 200 and 400 bar. At the beginning of the opening process until reaching a certain valve opening the valves are opened with the fuel at higher pressure and then up to reaching complete valve opening with the fuel at lower level.

Data supplied from the [esp@cenet](mailto:esp@cenet) database - I2

### Description

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur hydraulischen Betätigung von in ihrer Schliessstellung federvorgespannten Gaswechselventilen einer Brennkraftmaschine mittels unter Hochdruck stehenden Brennstoffs eines einen Hochdruckspeicher enthaltenen Brennstoffeinspritzsystems der Brennkraftmaschine, sowie eine Einrichtung zur hydraulischen Betätigung von in ihrer Schliessstellung durch Federn vorgespannten Gaswechselventilen einer Brennkraftmaschine, insbesondere eines Dieselmotors, mit einem einen Hochdruckspeicher enthaltenen Brennstoffeinspritzsystem und einer an den Ventilen vorgesehenen Kolbenanordnung, die zum Öffnen der Ventile mit dem unter Hochdruck stehenden Brennstoff des Brennstoffeinspritzsystems beaufschlagbar ist.

Die Betätigung der Gaswechselventile einer Brennkraftmaschine mittels des von einem Brennstoffeinspritzsystem derselben unter Hochdruck zur Verfügung gestellten Brennstoffs ist bereits bekannt. Ein wesentlicher Vorteil der hydraulischen Ventilbetätigung mittels des von dem Brennstoffeinspritzsystem gelieferten Brennstoffs besteht in der Einsparung eines eigenen, zum Zwecke der hydraulischen Ventilbetätigung vorgesehenen Hydrauliksystems.

Neben der Einsparung an zusätzlichen Bauteilen und an zusätzlichem Bauvolumen ist damit auch eine Verbesserung des Gesamtwirkungsgrades der Brennkraftmaschine verbunden, da derselben nicht die zum Antreiben des eigenständigen Hydrauliksystems erforderliche Antriebsenergie entzogen wird.

Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, ein Verfahren und eine Einrichtung zur hydraulischen Betätigung der Gaswechselventile einer Brennkraftmaschine anzugeben, durch die eine weitere Einsparung an Antriebsenergie für die Ventilbetätigung und damit ein weiter verbesselter Gesamtwirkungsgrad der Brennkraftmaschine gegeben ist.

Diese Aufgabe wird gemäss der vorliegenden Erfindung bei einem Verfahren der vorausgesetzten Art dadurch gelöst, dass das Öffnen der Ventile durch nacheinander erfolgende Beaufschlagung mit auf unterschiedlich hohen Druckniveaus gehaltenem Brennstoff vorgenommen wird. Hierdurch ist es vorteilhafterweise möglich, die durch die Entnahme des unter Druck stehenden Brennstoffs aus dem Brennstoffeinspritzsystem notwendige Antriebsenergie an die während des Öffnungsvorgangs der Ventile tatsächlich gerade erforderliche, vom Mass der Ventilöffnung abhängige Öffnungskraft anzupassen, so dass der Brennkraftmaschine nicht unnötig Antriebsenergie entzogen wird.

Gemäss der Erfindung werden die Ventile zu Beginn des Öffnungsvorgangs durch auf einem ersten, höheren Druckniveau gehaltenen Brennstoff und danach durch auf einem zweiten, niedrigeren Druckniveau gehaltenen Brennstoff betätigt. Hierdurch wird zunächst die zum Einleiten des Öffnungsvorgangs erforderliche hohe Öffnungskraft erzeugt, während der Öffnungsvorgang danach mit der dann nur noch geringeren erforderlichen Öffnungskraft fortgesetzt wird. Hierdurch wird ein unnötiger Aufwand von Antriebsenergie vermieden und der Gesamtwirkungsgrad der Brennkraftmaschine erhöht.

Gemäss einer Weiterbildung des Verfahrens wird der auf dem höheren Druckniveau gehaltene Brennstoff einer die Einspritzdüsen der Brennkraftmaschine versorgenden Hochdruckstufe und der auf dem niedrigeren Druckniveau gehaltene Brennstoff einer der Hochdruckstufe vorgesetzten Stufe eines mehrstufigen Brennstoffeinspritzsystems entnommen. Dies hat den Vorteil, dass für die hydraulische Ventilbetätigung der bei einem mehrstufigen Brennstoffeinspritzsystem bereits auf unterschiedlich hohen Druckniveaus zur Verfügung gestellte Brennstoff verwendet werden kann.

Erfindungsgemäss ist es bei einer Einrichtung zur hydraulischen Betätigung von in ihrer Schliessstellung durch Federn vorgespannten Gaswechselventilen einer Brennkraftmaschine, insbesondere eines Dieselmotors, mit einem einen Hochdruckspeicher enthaltenden Brennstoffeinspritzsystem und einer an den Ventilen vorgesehenen Kolbenanordnung, die zum Öffnen der Ventile mit dem unter Hochdruck stehenden Brennstoff des Brennstoffeinspritzsystems beaufschlagbar ist, vorgesehen, dass die an den Ventilen vorgesehene Kolbenanordnung mit auf unterschiedlich hohen Druckniveaus gehaltenem Brennstoff beaufschlagbar ist. Der Vorteil hiervon ist es, dass die von der Kolbenanordnung mit Hilfe des von dem Brennstoffeinspritzsystem zur Verfügung gestellten Brennstoffs erzeugte Öffnungskraft für die Gaswechselventile an die beim Öffnungsvorgang in Abhängigkeit vom Mass der Öffnung erforderliche Kraft angepasst und dadurch ein unnötiger Energieaufwand vermieden und damit der Gesamtwirkungsgrad der Brennkraftmaschine verbessert werden kann.

Vorteilhafterweise ist das Brennstoffeinspritzsystem mehrstufig ausgebildet und enthält eine die Einspritzdüsen der Brennkraftmaschine versorgende Hochdruckstufe und eine der Hochdruckstufe vorgesetzte Stufe, wobei die Hochdruckstufe und die vorgesetzte Stufe des Brennstoffeinspritzsystems mit der Kolbenanordnung der Gaswechselventile zur wahlweisen Beaufschlagung derselben mit dem von der Hochdruckstufe unter Hochdruck gelieferten Brennstoff und dem von der vorgesetzten Stufe unter niedrigerem Druck gelieferten Brennstoff gekoppelt sind. Dadurch ist es möglich, bereits vorhandene Komponenten des Brennstoffeinspritzsystems zur Lieferung des für die hydraulische Betätigung der Gaswechselventile verwendeten Brennstoffs zu verwenden, ohne dass es notwendig wäre, irgendwelche zusätzlichen Komponenten vorzusehen.

Gemäss einer Ausgestaltung ist es hierfür vorgesehen, dass die Kolbenanordnung mit einer ersten Steuereinrichtung zur Steuerung der Zuführung des auf dem niedrigeren Druckniveau befindlichen Brennstoffs und einer zweiten Steuereinrichtung zur Steuerung der Zuführung des auf dem höheren Druckniveau befindlichen Brennstoffs gekoppelt ist, wobei durch die erste und zweite Steuereinrichtung die Kolbenanordnung wahlweise durch den auf dem höheren oder dem niedrigeren Druckniveau gehaltenen Brennstoff beaufschlagbar ist.

Gemäss einer besonders vorteilhaften Ausgestaltung ist es vorgesehen, dass die Kolbenanordnung zwei mechanisch hintereinander geschaltete, in einem gemeinsamen Zylinder angeordnete Kolben enthält, von denen der erste Kolben direkt auf das Ventil wirkt und der zweite Kolben durch Anlage an dem ersten Kolben über diesen mittelbar auf das Ventil wirkt. Dies gestattet es, dass zwei von einander getrennte Kolben, die mit unterschiedlichen Brennstoffdrücken beaufschlagt werden, zur Betätigung des Ventils verwendet werden können. Diese Ausgestaltung kann dadurch weitergebildet sein, dass der zweite Kolben den Zylinder in zwei Volumina unterteilt, von denen das erste Volumen den ersten Kolben und die dem ersten Kolben zugewandte Seite des zweiten Kolbens beaufschlagt, und von denen das zweite Volumen die von dem ersten Kolben abgewandte Seite des zweiten Kolbens beaufschlagt. Hierdurch kann das Ventil wahlweise durch Zuführung von unter Druck stehendem Brennstoff in das zweite Volumen und Beaufschlagung des mittelbar über den ersten Kolben auf das Ventil wirkenden zweiten Kolbens betätigt werden, oder durch Zuführung von unter Druck stehendem Brennstoff in das erste Volumen und Beaufschlagung allein des ersten Kolbens und somit direkte Betätigung des Ventils durch den ersten Kolben allein. Hierdurch können zum einen für die Betätigung des Ventils Kolben mit unterschiedlichen Querschnitten verwendet werden, die die von dem Brennstoffeinspritzsystem zur Verfügung gestellten Drücke optimal an die zur Ventilöffnung erforderlichen Kräfte anpassen, andererseits wird die beim Öffnungsvorgang zusammen mit dem Ventil bewegte Masse vermindert, da bei der Betätigung des Ventils durch Beaufschlagung des ersten Kolbens allein die Masse des zweiten Kolbens nicht mehr mitbewegt werden muss.

Dabei wird vorteilhafterweise das erste Volumen von dem auf dem niedrigeren Druckniveau befindlichen Brennstoff und das zweite Volumen von dem auf dem höheren Druckniveau befindlichen Brennstoff beaufschlagt.

Vorteilhafterweise ist es vorgesehen, dass der zweite Kolben zumindest für eine einem anfänglichen Teil des Öffnungswegs des Ventils entsprechende Bewegung in dem Zylinder verschiebbar ist, während welcher Bewegung der zweite Kolben durch Anlage an dem ersten Kolben auf das Ventil wirkt, und der erste Kolben für eine der vollständigen Öffnung des Ventils entsprechende weitere Bewegung in dem Zylinder allein verschiebbar ist. Somit muss lediglich am

Anfang der Öffnungsbewegung die Masse beider Kolben beschleunigt werden, wogegen danach bis zum Erreichen der vollständigen Ventilöffnung und weiterhin durch Federkraft wieder bis zum Schliessen des Ventils nur die Masse des ersten Kolbens, nicht jedoch auch die des zweiten Kolbens beschleunigt werden muss. Hierdurch wird der Öffnungs- und Schliessvorgang des Ventils beschleunigt und der erforderliche Energieaufwand vermindert.

Die erfindungsgemäße Ventilbetätigungsseinrichtung kann weiterhin so ausgestaltet sein, dass der zweite Kolben durch Zuführung des auf dem höheren Druckniveau befindlichen Brennstoffs mittels der zweiten Steuereinrichtung zu dem zweiten Volumen bis zum Erreichen eines vorgegebenen Punkts im anfänglichen Teil des Öffnungsweges des Ventils beaufschlagbar ist, wobei das erste Volumen mittels der ersten Steuereinrichtung druckentlastet ist, während nach Erreichen des vorgegebenen Punkts des Öffnungsweges der erste Kolben durch Zuführung des auf dem niedrigeren Druckniveau befindlichen Brennstoffs mittels der ersten Steuereinrichtung bis zum Erreichen der vollständigen Öffnung des Ventils beaufschlagbar ist, wobei das zweite Volumen mittels der zweiten Steuereinrichtung druckentlastet ist, um bei gleichzeitiger weiterer Beaufschlagung des ersten Kolbens im Sinne eines weiteren Öffnens des Ventils den zweiten Kolben in eine Ausgangsstellung zurückzubewegen. Während durch Beaufschlagung des ersten Kolbens der Öffnungsvorgang bis zur vollständigen Öffnung des Ventils noch fortgesetzt wird, wird der zweite Kolben bereits wieder in seine Anfangslage zurückgeschoben, so dass von der das Schliessen des Ventils bewirkenden Feder allein die Kraft zum Bewegen und Beschleunigen des ersten Kolbens aufgewandt werden muss, nicht jedoch auch der zweite Kolben bewegt werden muss. Hierdurch wird wiederum die Schnelligkeit der Bewegung erhöht und der Energieverbrauch für die Ventilbetätigung vermindert.

Gemäss einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist es vorgesehen, dass der erste Kolben und der zweite Kolben eine zwischen diesen beiden Kolben wirksame hydraulisch wirkende Bremseinrichtung aufweisen, durch welche die Bewegung des Ventils am Ende des durch die Feder bewirkten Schliessvorgangs abgebremst wird. Dies ermöglicht es, das Ventil unter Wirkung der Feder schnell zu schliessen, dieses jedoch kurz vor Erreichen seiner geschlossenen Stellung abzubremsen und sanft in den Ventilsitz aufsetzen zu lassen, wodurch die Lebensdauer der Ventile nennenswert erhöht wird.

Gemäss einer Ausgestaltung kann die Bremseinrichtung eine in dem einen Kolben ausgebildete Ausnehmung und einen auf dem anderen Kolben ausgebildeten Ansatz aufweisen, wobei der Ansatz so geformt ist, dass er bei der gegenseitigen Annäherung der beiden Kolben unter Verdrängung des darin befindlichen Brennstoffs und Abbremsung der gegenseitigen Bewegung der beiden Kolben in die Ausnehmung des Kolbens eintritt. Hierdurch kann die genannte Bremseinrichtung auf einfache Weise und mit geringem Fertigungsaufwand hergestellt werden.

Im folgenden werden Ausführungsbeispiele der Erfindung anhand der Zeichnung erläutert.

Es zeigen:

Fig. 1a bis 1d schematisierte Darstellungen einer Einrichtung zur hydraulischen Ventilbetätigung gemäss einem ersten Ausführungsbeispiel der Erfindung, die verschiedene Öffnungszustände des Ventils zeigen;

Fig. 2 ein schematisiertes Schaltschema eines Hochdruckbrennstoffeinspritzsystems einer Brennkraftmaschine, das zum Betrieb der in Fig. 1 dargestellten Einrichtung zur hydraulischen Ventilbetätigung verwendet wird;

Fig. 3 eine graphische Darstellung des Verlaufs der bei der Ventilbetätigung aufgewandten Öffnungskraft in Abhängigkeit von Kurbelwellenwinkel; und

Fig. 4 eine vereinfachte Querschnittsansicht einer hydraulisch wirkenden Einrichtung zur Abbremsung der Ventilbewegung am Ende des Schliessvorgangs.

Bei der in Fig. 1a schematisiert dargestellten Einrichtung zur hydraulischen Betätigung eines Schliessventils einer Brennkraftmaschine, wie insbesondere eines Dieselmotors, ist ein Gaswechselventil 1 durch eine am Schaft des Ventils 1 angreifende Feder 2 in seine Schliessstellung vorgespannt, so dass das Ventil 1 durch die Kraft der Feder 2 in dem mit 9 bezeichneten Sitz des Ventils anliegt. Das Ventil 1 wird zum Öffnen durch eine insgesamt mit dem Bezugszeichen 3 bezeichnete Kolbenanordnung betätigt. Diese Kolbenanordnung 3 enthält einen Zylinder 6, sowie in zylindrischen Bohrungen des Zylinders 6 axial verschiebbliche Kolben 4 und 5. Ein erster Kolben 5 ist direkt am Schaft des Ventils 1 angebracht, wogegen einer zweiter Kolben 4 in seiner Bohrung im Zylinder 6 gegenüber dem ersten Kolben 5 verschiebbar angeordnet ist. Der zweite Kolben 4 unterteilt das Volumen im Inneren des Zylinders 6 in ein erstes Volumen V1, welches den ersten Kolben 5, sowie die diesem zugewandte Seite des zweiten Kolbens 4 beaufschlagt, sowie ein zweites Volumen V2, welches die dem ersten Kolben 5 abgewandte Seite des zweiten Kolbens 4 beaufschlagt.

Die beiden Volumina V1 und V2 sind über jeweils eine Steuereinrichtung in Form eines Magnetventils 7 bzw. 8 mit Quellen von auf unterschiedlich hohen Druckniveaus gehaltenem Brennstoff verbunden, welcher als Hydraulikfluid zur Betätigung des Ventils 1 mittels der Kolbenanordnung 3 verwendet wird. Der auf den unterschiedlichen Druckniveaus befindliche Brennstoff wird von einem Hochdruckeinspritzsystem der Brennkraftmaschine geliefert.

Fig. 2 zeigt in stark schematisierter Darstellung ein Prinzipschaltbild des durch das Hochdruckeinspritzsystem und die hydraulische Ventilbetätigung gebildeten Brennstoffkreislaufes einer Brennkraftmaschine in Form eines Dieselmotors. Der Brennstoff wird von seiner Quelle, üblicherweise einem Brennstoftank, mittels einer Brennstoffvorpumpe 13 an eine zweistufig ausgebildete, insgesamt mit dem Bezugszeichen 10 bezeichnete Pumpenanordnung geliefert. Diese Pumpenanordnung 10 umfasst eine Hochdruckstufe 11 zur Versorgung der mit dem Bezugszeichen 14 bezeichneten Einspritzdüsen der Brennkraftmaschine und eine zwischen die Vorpumpe 13 und die Hochdruckstufe 11 geschaltete Niederdruckstufe 12. Bei dem beschriebenen Ausführungsbeispiel wird der Brennstoff von der Vorpumpe 13 mit einem Druck von etwa 5 bar an die Niederdruckstufe 12 geliefert, welche den Brennstoff auf einen Druck von etwa 300 bar bringt. Der von der Niederdruckstufe 12 abgegebene Brennstoff wird einerseits der Hochdruckstufe 11 zugeführt, welche dessen Druck auf 1200 bar erhöht, um den Brennstoff mit diesem Druck den Einspritzdüsen 14 zuzuführen. Andererseits wird der von der Niederdruckstufe 12 gelieferte Brennstoff zur Betätigung der Gaswechselventile 1 mittels der Kolbenanordnung 3 verwendet, sowie auch zum Antrieb von Hilfsaggregaten 16, wie etwa Wasserpumpe, Kompressor, Schmierölpumpe oder Lichtmaschine mittels eines Hydraulikantriebs 15. Zur Vergleichsmässigung des Drucks des von dem Einspritzsystem gelieferten Brennstoffs können auf der Ausgangsseite der Hochdruckstufe 11 und/oder der Niederdruckstufe 12 der Pumpenanordnung 10 Druckspeicher etwa in Form von ölelastisch arbeitenden Speichern vorgesehen sein (Common-Rail-Anordnung). Durch diese Druckspeicher werden die bei der Betätigung der Einspritzdüsen 14 und der hydraulischen Kolbenanordnungen 3 auftretenden Druckabfälle aufgefangen und die von der Hochdruckstufe 11 und der Niederdruckstufe 12 der Pumpenanordnung 10 erzeugten Druckspitzen ausgeglichen.

Wiederum bezugnehmend auf Fig. 1a ist ersichtlich, dass der von der Niederdruckstufe 12 der Pumpenanordnung 10 unter einem Druck von 300 bar gelieferte Brennstoff über die erste Steueranordnung in Form des Magnetventils 7 dem ersten Volumen V1 der Kolbenanordnung 3 zuführbar ist. Entsprechend ist der von der Hochdruckstufe 11 unter einem Druck von 1200 bar gelieferte Brennstoff über die zweite Steuereinrichtung in Form des Magnetventils 8 dem zweiten Volumen V2 der Kolbenanordnung 3 zuführbar. Bei den Magnetventilen 7, 8 handelt es sich um Zwei-Wege-Ventile, welche wahlweise eine Verbindung mit der jeweiligen Brennstoffdruckquelle oder mit einer Leckagemenge zur Entlastung des jeweiligen Volumens V1 bzw. V2 herstellen können.

Nun soll anhand der Fig. 1a bis 1d die Verfahrensweise zur Betätigung des Gaswechselventils 1 mittels der hydraulisch betätigten Kolbenanordnung 3 im Zusammenspiel mit der Ventilschliessfeder 2 beschrieben werden. Zunächst (Fig. 1a) sei das Ventil 1 geschlossen, das Ventil liegt in seiner, in der Zeichnung oberen, Position in dem Ventilsitz 9 an, der mit dem Schaft des Ventils 1 fest verbundene erste Kolben 5 und der schwimmende zweite Kolben 4 liegen in ihren oberen Positionen im Zylinder 6 an. Beide Volumina V1 und V2 sind durch die Magnetventile 7, 8 gegen die Leckagemenge druckentlastet. Das Anliegen der beiden Kolben 4, 5 in ihren oberen Positionen ist durch die links vom Zylinder 6 in Fig. 1a dargestellten Pfeilsymbole gezeigt.

Zur Einleitung des Öffnungsvorgangs des Ventils 1 wird mittels des zweiten Magnetventils 8 der Brennstoffdruck von 1200 bar der Hochdruckstufe 11 auf das zweite Volumen V2 im Zylinder 6 durchgeschaltet. Hierdurch wird die dem ersten Kolben 5 abgewandte Seite des zweiten Kolbens 4 druckbeaufschlagt, worauf der zweite Kolben 4 den ersten Kolben 5 und über diesen das Ventil 1 nach unten schiebt. Das erste Magnetventil 7 ist gegen die Leckagemenge durchgeschaltet, so dass das erste Volumen V1 druckentlastet ist, um das bei der Abwärtsbewegung des zweiten Kolbens 4 anfallende Fluidvolumen abzugeben. Diese anfängliche Phase des Öffnungsvorgangs ist in Fig. 1b gezeigt. Wie durch die links vom Zylinder 6 dargestellten Pfeilsymbole ersichtlich ist, bewegen sich der erste Kolben 5 und der zweite Kolben 4 aufgrund der Druckbeaufschlagung des letztgenannten gemeinsam nach unten und öffnen das Gaswechselventil 1, indem sich dieses aus seinem Ventilsitz 9 nach unten löst.

Der hohe Druck wird durch das zweite Magnetventil 8 solange auf das zweite Volumen V2 des Zylinders 6 geschaltet, solange eine hohe Öffnungskraft benötigt wird. Danach wird mittels des ersten Magnetventils 7 Druck auf das erste Volumen V1 geschaltet und der erste Kolben 5 im Volumen V1 mit dem von der Niederdruckstufe 12 gelieferten Brennstoff mit einem Druck von etwa 300 bar beaufschlagt. Gleichzeitig mit dem Schalten des ersten Magnetventils 7 wird das zweite Magnetventil 8 auf die Leckagemenge geschaltet, so dass das zweite Volumen V2 druckentlastet wird. Während sich der erste Kolben 5 und das Gaswechselventil 1 weiter nach unten bewegen, beginnt der zweite Kolben 4 sich in seine Ausgangsstellung nach oben zurückzubewegen, wie in Fig. 1c ersichtlich ist. Dies hat den Vorteil, dass die Masse des zweiten Kolbens 4 nicht weiter beschleunigt werden muss.

Am Ende des Öffnungsvorgangs befindet sich das Gaswechselventil 1 in seiner in Fig. 1d gezeigten untersten Stellung, in der das Ventil 1 vollständig vom Ventilsitz 9 entfernt ist. Der erste Kolben 5 befindet sich in seiner untersten Position, der zweite Kolben 4 befindet sich in seiner obersten Position entsprechend seiner Ausgangslage, wie durch die Pfeilsymbole gezeigt ist.

Um das Ventil wieder zu schliessen, wird nun auch das erste Volumen V1 durch Verbinden mit der Leckagemenge über das erste Magnetventil 7 druckentlastet und das Gaswechselventil 1 mittels der Schliessfeder 2 geschlossen. Da sich der zweite Kolben 4 bereits in seiner Ausgangsstellung befindet, muss die Feder nicht mehr die zu dessen Bewegung erforderliche Kraft aufbringen. Am Ende des durch die Feder 2 bewirkten Schliessvorgangs befinden sich

Gaswechselventil 1 und die beiden Kolben 4 und 5 wieder in der in Fig. 1a gezeigten Ausgangslage.

Fig. 3 zeigt in einer vereinfachten Darstellung die Abhängigkeit der Öffnungskraft FÖffnung vom Kurbelwellenwinkel DEG KW der Brennkraftmaschine. Am Anfang wird durch Beaufschlagung des zweiten Kolbens 4 über das zweite Magnetventil 8 mit dem von der Hochdruckstufe 11 gelieferten Brennstoff mit einem Druck von 1200 bar eine hohe Öffnungskraft aufgewandt, die nach dem Entlasten des zweiten Volumens V2 und der Beaufschlagung des ersten Volumens V1 mit dem von der Niederdruckstufe 12 mit einem Druck von etwa 300 bar gelieferten Brennstoff auf ein Plateau absinkt. Gegen Ende des Öffnungsvorgangs steigt die Öffnungskraft kurz an, was durch das Anliegen des zweiten Kolbens 4 in seiner oberen Ausgangslage hervorgerufen wird. Bei Entlastung auch des ersten Volumens V1 aufgrund des Durchschaltens des ersten Magnetventils 7 gegen die Leckagemenge sinkt die Öffnungskraft auf Null, worauf das Gaswechselventil 1 mittels der Federkraft der Schliessfeder 2 geschlossen wird.

Fig. 4 zeigt im Querschnitt stark vereinfacht ein Ausführungsbeispiel einer zwischen dem ersten Kolben 5 und dem zweiten Kolben 4 wirksamen hydraulischen Bremseinrichtung, welche die Aufgabe hat, die Bewegung des Ventils 1 am Ende des durch die Ventilschliessfeder 2 bewirkten Schliessvorgangs abzubremsen. Diese Bremseinrichtung besteht in einem an dem ersten Kolben 5 ausgebildeten Ansatz 5a, der so geformt ist, dass er bei der gegenseitigen Annäherung der beiden Kolben in eine in dem zweiten Kolben 4 ausgebildete Ausnehmung 4a eintreten kann, wobei er den darin befindlichen Brennstoff verdrängt und die gegenseitige Bewegung der beiden Kolben 4 und 5 zueinander hydraulisch abbremst. Der Ansatz 5a ist kreiszyklindrisch und an seinem oberen Ende konusförmig abgeschrägt. Die Ausnehmung 4a besteht in einer zylindrischen Bohrung, die zentral im zweiten Kolben 4 angeordnet ist, wie sich auch der Ansatz 5a zentral am ersten Kolben 5 befindet.

Durch die Wirkung der Bremseinrichtung wird die Geschwindigkeit des Ventils am Ende des Schliessvorgangs auf etwa 1 m/s abgebremst und das Ventil 1 setzt sanft in seinem Ventilsitz 9 auf.

Data supplied from the [esp@cenet](mailto:esp@cenet) database - I2

## Claims

1. Verfahren zur hydraulischen Betätigung von in ihrer Schliessstellung federvorgespannten Gaswechselventilen einer Brennkraftmaschine mittels unter Hochdruck stehenden Brennstoffs eines einen Hochdruckspeicher enthaltenden Brennstoffeinspritzsystems der Brennkraftmaschine, dadurch gekennzeichnet, dass das Öffnen der Ventile durch nacheinander erfolgende Beaufschlagung mit auf unterschiedlich hohen Druckniveaus gehaltenem Brennstoff vorgenommen wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Ventile zu Beginn des Öffnungsvorgangs durch auf einem ersten, höheren Druckniveau gehaltenem Brennstoff und danach durch auf einem zweiten, niedrigeren Druckniveau gehaltenem Brennstoff betätigt werden.
3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Ventile zu Beginn des Öffnungsvorgangs bis zum Erreichen einer bestimmten Ventilöffnung mit dem auf dem höheren Druckniveau gehaltenen Brennstoff und danach bis zum Erreichen der vollständigen Ventilöffnung mit dem auf dem niedrigeren Druckniveau gehaltenen Brennstoff betätigt werden.
4. Verfahren nach Anspruch 1, 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass der auf dem höheren Druckniveau gehaltene Brennstoff einer die Einspritzdüsen der Brennkraftmaschine versorgenden Hochdruckstufe und der auf dem niedrigeren Druckniveau gehaltene Brennstoff einer der Hochdruckstufe vorgeschalteten Stufe eines mehrstufigen Brennstoffeinspritzsystems entnommen wird.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass das höhere Druckniveau zwischen 800 und 1600 bar beträgt, und das niedrigere Druckniveau zwischen 200 und 400 bar beträgt.
6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass das höhere Druckniveau zwischen 1000 und 1400 bar beträgt, und das niedrigere Druckniveau zwischen 250 und 350 bar beträgt.
7. Einrichtung zur hydraulischen Betätigung von in ihrer Schliessstellung durch Federn (2) vorgespannten Gaswechselventilen (1) einer Brennkraftmaschine, insbesondere eines Dieselmotors, mit einem einen Hochdruckspeicher enthaltenden Brennstoffeinspritzsystem (10) und einer an den Ventilen vorgesehenen Kolbenanordnung (3), die zum Öffnen der Ventile (1) mit dem unter Hochdruck stehenden Brennstoff des Brennstoffeinspritzsystems (10) beaufschlagbar

ist, dadurch gekennzeichnet, dass die an den Ventilen (1) vorgesehene Kolbenanordnung (3) mit auf unterschiedlich hohen Druckniveaus gehaltenem Brennstoff beaufschlagbar ist.

8. Einrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass das Brennstoffeinspritzsystem (10) mehrstufig ausgebildet ist und eine die Einspritzdüsen (14) der Brennkraftmaschine versorgende Hochdruckstufe (11) und eine der Hochdruckstufe (11) vorgeschaltete Stufe (12) enthält, und dass die Hochdruckstufe (11) und die vorgeschaltete Stufe (12) des Brennstoffeinspritzsystems (10) mit der Kolbenanordnung (3) der Gaswechselventile (1) zur wahlweisen Beaufschlagung derselben mit dem von der Hochdruckstufe (11) unter Hochdruck gelieferten Brennstoff und dem von der vorgeschalteten Stufe (12) unter niedrigerem Druck gelieferten Brennstoff gekoppelt sind.

9. Einrichtung nach Anspruch 7 oder 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Kolbenanordnung (3) mit einer ersten Steuereinrichtung (7) zur Steuerung der Zuführung des auf dem niedrigeren Druckniveau befindlichen Brennstoffs und einer zweiten Steuereinrichtung (8) zur Steuerung der Zuführung des auf dem höheren Druckniveau befindlichen Brennstoffs gekoppelt ist, wobei durch die erste und zweite Steuereinrichtung (7, 8) die Kolbenanordnung (3) wahlweise mit dem auf dem höheren oder dem niedrigeren Druckniveau gehaltenen Brennstoff beaufschlagbar ist.

10. Einrichtung nach Anspruch 7, 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Kolbenanordnung (3) zwei mechanisch hintereinander geschaltete, in einem gemeinsamen Zylinder (6) angeordnete Kolben (4, 5) enthält, von denen der erste Kolben (5) direkt auf das Ventil (1) wirkt und der zweite Kolben (4) durch Anlage an dem ersten Kolben (5) über diesen mittelbar auf das Ventil (1) wirkt.

11. Einrichtung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass der zweite Kolben (4) den Zylinder (6) in zwei Volumina unterteilt, von denen das erste Volumen (V1) den ersten Kolben (5) und die dem ersten Kolben (5) zugewandte Seite des zweiten Kolbens (4) beaufschlagt, und von denen das zweite Volumen (V2) die von dem ersten Kolben (5) abgewandte Seite des zweiten Kolbens (4) beaufschlagt.

12. Einrichtung nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass das erste Volumen (V1) von dem auf dem niedrigeren Druckniveau befindlichen Brennstoff und das zweite Volumen (V2) von dem auf dem höheren Druckniveau befindlichen Brennstoff beaufschlagt wird.

13. Einrichtung nach Anspruch 10, 11 oder 12, dadurch gekennzeichnet, dass der zweite Kolben (4) zumindest für eine einem anfänglichen Teil des Öffnungswegs des Ventils (1) entsprechende Bewegung in dem Zylinder (6) verschiebbar ist, während welcher Bewegung der zweite Kolben (4) durch Anlage an dem ersten Kolben (5) auf das Ventil (1) wirkt, und der erste Kolben (5) für eine der vollständigen Öffnung des Ventils (1) entsprechende weitere Bewegung in dem Zylinder (6) verschiebbar ist.

14. Einrichtung nach einem der Ansprüche 11 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass der zweite Kolben (4) durch Zuführung des auf dem höheren Druckniveau befindlichen Brennstoffs mittels der zweiten Steuereinrichtung zu dem zweiten Volumen (V2) bis zum Erreichen eines vorgegebenen Punktes im anfänglichen Teil des Öffnungsweges des Ventils (1) bewegbar ist, wobei das erste Volumen (V1) mittels der ersten Steuereinrichtung (7) druckentlastet ist, während nach Erreichen des vorgegebenen Punktes des Öffnungsweges der erste Kolben (5) durch Zuführung des auf dem niedrigeren Druckniveau befindlichen Brennstoffs mittels der ersten Steuereinrichtung (7) bis zum Erreichen der gesamten Öffnung des Ventils (1) bewegbar ist, wobei das zweite Volumen (V2) mittels der zweiten Steuereinrichtung (8) druckentlastet ist, um bei gleichzeitiger weiterer Beaufschlagung des ersten Kolbens (5) im Sinne eines weiteren Öffnens des Ventils (1) den zweiten Kolben (4) in seine Anfangsstellung zurückzubewegen.

15. Einrichtung nach einem der Ansprüche 10 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass der erste Kolben (5) und der zweite Kolben (4) eine zwischen diesen beiden Kolben wirksame hydraulisch wirkende Bremseinrichtung (5a, 4a) aufweisen, durch welche die Bewegung des Ventils (1) am Ende des durch die Feder (2) bewirkten Schliessvorgangs abgebremst wird.

16. Einrichtung nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, dass die Bremseinrichtung eine in dem einen Kolben (4) ausgebildete Ausnehmung (4a) und einen an dem anderen Kolben (5) ausgebildeten Ansatz (5a) aufweist, wobei der Ansatz (5a) so geformt ist, dass er bei der gegenseitigen Annäherung der beiden Kolben unter Verdrängung des darin befindlichen Brennstoffs und Abbremsung der gegenseitigen Bewegung der beiden Kolben in die Ausnehmung (4a) des einen Kolbens (4) eintritt.